

2/3,AB/1

JAPIO

(c) 2007 JPO & JAPIO. All rights reserved.

03709753 **NON-ORIENTED SILICON STEEL SHEET EXCELLENT IN MAGNETIC PROPERTY**

**Pub. No.:** 04-074853 [JP 4074853 A ]

**Published:** March 10, 1992 (19920310)

**Inventor:** YASHIKI HIROYOSHI

KANEKO TERUO

TANAKA TAKASHI

**Applicant:** SUMITOMO METAL IND LTD [000211] (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

**Application No.:** 02-188853 [JP 90188853]

**Filed:** July 17, 1990 (19900717)

**Journal:** Section: C, Section No. 955, Vol. 16, No. 283, Pg. 147, June 24, 1962 (19620624)

**ABSTRACT**

**PURPOSE:** To produce a silicon steel sheet excellent in iron loss characteristics and magnetic flux density by minimizing Si content in the composition of a high-Al non-oriented silicon steel sheet and combinedly adding proper amounts of P and B.

**CONSTITUTION:** The composition of a non-oriented silicon steel sheet as iron core material for motor and transformer is regulated so that it consists of, by weight, <0.005% C, <0.1% Si, 0.1-0.7% Mn, 0.05-0.2% P, <0.01% S, >0.3-2.0% Al, 0.003-0.0040% B, and the balance Fe. By this method, the non-oriented silicon steel sheet easy of cold rolling, excellent in workability into sheet metal, reduced in iron loss, increased in magnetic flux density, and having superior characteristics can be obtained.

## ⑫ 公開特許公報(A)

平4-74853

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>C 22 C 38/00  
38/06

識別記号

3 0 3 U

庁内整理番号

7047-4K

③ 公開 平成4年(1992)3月10日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全4頁)

④ 発明の名称 磁気特性の優れた無方向性電磁鋼板

② 特 願 平2-188853

② 出 願 平2(1990)7月17日

⑦ 発 明 者 屋 鋪 裕 義 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内

⑦ 発 明 者 金 子 輝 雄 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内

⑦ 発 明 者 田 中 隆 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内

⑦ 出 願 人 住友金属工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

⑦ 代 理 人 弁理士 穂上 照忠 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

磁気特性の優れた無方向性電磁鋼板

## 2. 特許請求の範囲

重量%で、C:0.005%以下、Si:0.1%以下、  
Mn:0.1%以上0.7%以下、P:0.05%以上0.2%  
以下、S:0.01%以下、Al:0.3%を超え2.0%  
以下、B:0.0003%以上0.0040%以下、残部がFeお  
よび不可避不純物からなる磁気特性の優れた無方  
向性電磁鋼板。

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、鉄損が低く磁束密度の高い無方向性  
電磁鋼板に関するものである。

(従来の技術)

無方向性電磁鋼板は、主にモーターやトランス  
の鉄心材料として使用される軟磁性材料である。  
これらの電気機器の効率を上げるためには、鉄損  
が低く磁束密度が高いことが要求される。特に、  
近年の省エネルギーと機器の小型化への強い要請

に応えるためには、鉄損を低く保ちつつ、従来以  
上に磁束密度の高い材料を開発する必要がある。

ところが、低鉄損と高磁束密度を両立させるこ  
とは極めて難しい。従来、鉄損を低くする方法と  
しては、Si含有量を高め鋼板の比抵抗を上げるこ  
とが一般に行われているが、Si含有量の増加とと  
もに磁束密度も低下してしまう。一方、Si含有量  
の低い無方向性電磁鋼板は、比較的高い磁束密度  
を示すものの鉄損も高い。

特公昭61-4892号公報には、Si含有量を0.2%  
以下に抑えた鋼に、0.6~3.0%のAlを含有させて  
低鉄損で高磁束密度の無方向性電磁鋼板を製造す  
る方法が提案されている。AlはSiと同様に鋼板の  
比抵抗を上昇させて鉄損を低下させることが知ら  
れているが、この発明によるとAlには更に集合組  
織を改善する効果があって磁束密度を上昇させる  
とある。しかし、このためには0.6%以上と多量  
のAlを含有させなければならないので、製造コス  
トが上昇するという問題がある。しかも、Alを多  
量に添加するわりに鉄損の低下量と磁束密度の上

昇量が少ない。

さらに、特開平2-61031号公報には、Si含有量を0.1%以下に抑えた鋼に、0.1~1.0%のAlと0.02~0.15%のSnを複合添加して低鉄損で高磁束密度の無方向性電磁鋼板を製造する方法が提案されている。また、特開平2-66138号公報には、Si含有量を0.1%以下に抑えた鋼に、0.1~1.0%のAlと0.1~0.25%のPを複合添加して低鉄損で高磁束密度の無方向性電磁鋼板を製造する方法が提案されている。しかし、鋼にSnや多量のPを添加すると鋼板が脆化するため、冷間圧延が困難で量産がしにくいという問題があるうえに、これらの無方向性電磁鋼板も磁気特性の改善効果は十分ではない。

(発明が解決しようとする課題)

本発明の課題は、冷間圧延が容易で、しかも電気機器の省エネルギーと小型化を可能とするような低い鉄損と高い磁束密度を有する無方向性電磁鋼板を提供することにある。

(課題を解決するための手段)

る。なお、特開昭62-222021号公報に、Siが0.1%以下でAlを0.1~1.0%含む高Al鋼の無方向性電磁鋼板において、鋼板の脆化を防止する目的で0.0003%以上のBを添加する技術が開示されているが、この公報にはBがPと複合添加されることによって磁束密度が上昇することは開示されていない。

(作用)

以下に、本発明の無方向性電磁鋼板における合金元素の作用効果とその含有量を前記のように限定した理由を説明する。

C :

Cは炭化物を形成して磁気特性に悪影響を及ぼす元素であるので、できるだけ含有量を低くすることが望ましい。特に磁気時効を防止するためには0.005%以下、その効果を完全なものとするためには0.003%以下とすることが望ましい。

Si :

Siは鋼板の比抵抗を上げて渦電流損を小さくし鉄損を低減する有効な元素である。しかし、Siは

本発明者らは、高Al添加鋼の磁束密度に及ぼす各種合金元素の影響を詳細に検討した結果、Si含有量を極力低減した高Al鋼に、適量のPとBを複合添加することにより、単なる高Al鋼やPを単独添加した高Al鋼では得られないような著しい磁束密度の上昇が得られること、およびP添加による脆性の劣化がBにより抑制されて冷間圧延も問題なく行えることを見出した。

ここに本発明は「重量%で、C : 0.005%以下、Si : 0.1%以下、Mn : 0.1%以上0.7%以下、P : 0.05%以上0.2%以下、S : 0.01%以下、Al : 0.3%を超え2.0%以下、B : 0.0003%以上0.0040%以下、残部がFeおよび不可避不純物からなる磁気特性の優れた無方向性電磁鋼板」を要旨とする。

本発明の無方向性電磁鋼板が、鉄損が低い上に高磁束密度であるのは、主にPとBの相乗効果による。PとBはいずれも粒界偏析元素として知られており、これら二つの元素の粒界での偏析に対するなんらかの相互作用が集合組織の改善につながり、磁束密度を上昇させているものと推定され

一方で磁束密度を低下させるので、多量の添加は好ましくない。Siが0.1%以下であれば磁束密度が低下するといった問題は生じない。

Mn :

Mnは鋼板の熱間脆性を防止する効果がある。しかし、0.1%未満では前記効果が小さく、0.7%を超えて含有すると磁束密度が低下するので、0.1~0.7%の含有量とする。

P :

Pは本発明ではBとの複合添加により磁束密度を上昇させる重要な元素である。この効果は0.05%より現れるが、0.2%を超えると鋼板が脆化するので、0.05~0.2%の含有量とする。

S :

Sは微細な硫化物を形成して結晶粒成長を抑制するとともに、硫化物自体が磁壁移動の障害となり磁気特性、特に鉄損を増大させるので、できるだけ含有量を低くすることが望ましい。0.01%以下、望ましくは0.006%以下に抑えれば上記の悪影響を回避することができる。

A1:

A1は低鉄損化と高磁束密度化の両方に寄与する重要な元素である。0.3%以下では鋼板の比抵抗が低く鉄損が低減されないばかりか、集合組織の改善効果が小さいために磁束密度が低くなる。一方、2.0%を超えると鉄損は低くなるものの、磁束密度も低くなり所望の磁気特性が得られなくなる。このことからA1の含有量は0.3%を超え2.0%以下とする。

B:

Bは磁束密度を上昇させるとともに、Pの添加による鋼板の脆化を防止する効果がある。A1含有量が0.3%を超えるような高A1鋼ではBはBNのような窒化物を形成せずに固溶状態で存在し、結晶粒界に偏析しやすい。この粒界に偏析したBが粒界を強化するためPによる鋼板の脆化を抑制し、また、Pとの相互作用により集合組織を改善して磁束密度を上昇させるのではないかと考えられる。これらのBの効果は0.0003%以上から現れるが、0.0040%を超えて含有させても効果が飽和し、価

加工組織の再結晶および結晶粒の粗大化による磁気特性の改善のために熱延板焼鈍を施してから冷間圧延に供するようにしてもよい。熱延板焼鈍の温度は、箱焼鈍で行う場合は680~900℃、連続焼鈍で行う場合は750~1000℃が適当である。冷間圧延は1回の冷間圧延法又は中間焼鈍を挟む2回以上の冷間圧延法のいずれの方法でもよい。冷間圧延後は仕上げ焼鈍により再結晶と結晶粒の粗大化を図る。また、セミプロセス電磁鋼板として使用するものであれば、仕上げ焼鈍後に圧下率3~15%の冷間圧延を施して最終製品にしてもよい。

(実施例)

第1表に示す組成の鋼スラブを鑄造し、これらのスラブを1150~1200℃に加熱した後、仕上げ温度800~850℃で2.3mm厚まで熱間圧延した。熱間圧延後は同表に示す条件により巻取り、熱延板焼鈍、冷間圧延および仕上げ焼鈍を施して無方向性電磁鋼板とした。但し、No.8~14は酸洗のみで熱延板焼鈍は実施していない。

しかる後、これらの無方向性電磁鋼板より試験

格の上昇を招くだけである。

本発明では、上記成分の他に不純物として混入するTi、Zr、Nb、Vなどの炭窒化物形成元素はできるだけその含有量を低く抑えることが、微細析出物による結晶粒成長の不良に起因した鉄損増加を防止する上で望ましい。

上記の組成を有する本発明の電磁鋼板は、一般的な無方向性電磁鋼板の製造工程で製造することができる。例えば下記のような製造方法である。

素材のスラブを所定温度に加熱した後、熱間圧延により熱延板とする。この熱間圧延工程におけるスラブ加熱温度は1100~1250℃、熱間圧延の仕上げ温度は750~950℃が望ましい。熱間圧延後の巻取りは600℃以上の温度で行うのが望ましいが、鋼板の脱スケール性の観点から600℃未満の低温で巻取ってもよい。なお、省エネルギーの観点から最近行われ出した鑄造後の熱鑄片を直ちに熱間圧延に供する直送圧延を採用する場合は、スラブ加熱工程が省略できる。

次いで、熱延板を冷間圧延に供する。このとき、

片を切り出し、磁気特性を測定した。その測定結果も同表に示す。

第1表において、試験No.1~7はA1含有量以外はほぼ同一組成で製造条件も同一のものである。試験No.8~11はB含有量以外はほぼ同一組成で製造条件も同一のものである。試験No.12~14はP含有量以外はほぼ同一組成で製造条件も同一のものである。試験No.15~17はSiおよびSの含有量以外はほぼ同一で製造条件も同一のものである。試験No.18および19はMn含有量以外はNo.4とほぼ同一組成で製造条件も同一のものである。No.20はC含有量以外はNo.4とほぼ同一組成で製造条件も同一のものである。

本発明例はいずれも鉄損が低く磁束密度の高い磁気特性である。これに対して、成分のいずれかが本発明で規定する範囲外の比較例は鉄損又は磁束密度の一方又は両方に劣る。なお、B含有量の低い比較例のNo.8は、冷間圧延時に破断するコイルもあった。

第 1 表

試験 No	供 試 鋼 の 組 成 残: Feおよび不純物 (重量%)								製 造 条 件				鉄 損 W <sub>15/30</sub> (w/kg)	磁束密度 B <sub>50</sub> (T)	備 考
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	B	巻取温度 (℃)	熱延板焼鈍	冷延仕 上げ厚	仕上げ焼鈍			
1	0.003	0.03	0.30	0.085	0.005	≒0.10	0.0023	0.0020	500~ 600	酸洗後に、 850℃×3 時間均熱の 箱焼鈍	0.5mm	870℃×30 秒均熱の連 続焼鈍	7.00	1.78	比 較 例
2	0.003	0.03	0.29	0.083	0.005	≒0.24	0.0025	0.0022					6.02	1.78	比 較 例
3	0.003	0.03	0.30	0.085	0.005	0.38	0.0023	0.0020					4.63	1.83	本発明例
4	0.002	0.02	0.32	0.082	0.004	0.52	0.0026	0.0018					4.10	1.83	本発明例
5	0.003	0.03	0.30	0.083	0.005	1.00	0.0022	0.0022					3.82	1.82	本発明例
6	0.004	0.02	0.29	0.084	0.006	1.77	0.0028	0.0023					3.63	1.81	本発明例
7	0.003	0.03	0.29	0.085	0.005	≒2.52	0.0028	0.0020					3.55	1.73	比 較 例
8	0.004	0.01	0.15	0.173	0.001	1.50	0.0018	≒0.0001	700~ 750	酸洗のみ、 熱延板焼鈍 実施せず			4.45	1.75	比 較 例
9	0.004	0.01	0.14	0.175	0.001	1.51	0.0019	0.0005					3.80	1.80	本発明例
10	0.005	0.01	0.15	0.174	0.001	1.50	0.0022	0.0018					3.75	1.82	本発明例
11	0.003	0.01	0.15	0.175	0.001	1.50	0.0016	0.0035					3.70	1.82	本発明例
12	0.002	0.05	0.50	≒0.020	0.007	0.80	0.0033	0.0015					4.90	1.76	比 較 例
13	0.002	0.05	0.50	0.063	0.007	0.79	0.0035	0.0015					4.05	1.82	本発明例
14	0.002	0.05	0.52	0.125	0.006	0.80	0.0033	0.0013					4.00	1.82	本発明例
15	0.003	0.01	0.25	0.095	0.003	1.25	0.0021	0.0025	500~ 600	900℃×1 分均熱の連 続焼鈍、 焼鈍後に酸 洗			3.79	1.82	本発明例
16	0.003	≒0.30	0.24	0.097	0.003	1.25	0.0024	0.0023					4.40	1.75	比 較 例
17	0.003	0.01	0.26	0.095	≒0.012	1.27	0.0020	0.0026					5.00	1.76	比 較 例
18	0.002	0.03	≒0.05	0.085	0.005	0.52	0.0022	0.0024					6.95	1.77	比 較 例
19	0.002	0.03	≒1.03	0.083	0.004	0.50	0.0025	0.0025					6.25	1.75	比 較 例
20	≒0.010	0.03	0.30	0.086	0.005	0.51	0.0026	0.0028					6.00	1.76	比 較 例

(注) \* 印は本発明で規定する範囲外であることを示す。

## (発明の効果)

実施例に示したとおり、本発明の無方向性電磁鋼板は鉄損と磁束密度の両方に優れている。また、この無方向性電磁鋼板は、冷間圧延時に破断することもないので安定して製造することができる。

出願人 住友金属工業株式会社

代理人 弁理士 穂 上 照 忠 (ほか1名)